

# 国外信息系统概念建模质量评估研究进展

## A Review of Foreign Literature on Quality Evaluation of Information Systems Conceptual Modeling

孙 凡 (山西财经大学 会计学院 山西 太原 030012)

**摘 要:** 本文根据国外学者目前对信息系统概念建模质量评估的研究情况,将其分为建模过程质量评估和概念模型质量评估两个类型,在此基础上介绍两类研究的成果,并对未来的研究方向进行了展望。

**关键词:** 信息系统 概念建模 质量评估 进展 国外研究

信息系统概念建模 (conceptual modeling) 是在信息系统开发的需求分析阶段,为达到相关人员之间理解和沟通的目的,形式化地描述物理世界和社会世界的某些方面的活动<sup>[1]</sup>。这些活动表现为经过一定的概念建模过程——认知过程和表示过程——形成概念建模的产品——概念模型。

早在上世纪 60 年代人们就认识到了概念建模的重要性。信息系统的开发者认识到错误的需求分析是项目失败的主要原因,而用形式化的方法选择和表示用户的需求将受益匪浅。他们也认识到修改错误的成本将随着发现错误的时间长短而指数级增长,而高质量的概念建模将能使人们更早地察觉和改正错误,对信息系统开发项目的质量保证工作具有重要的作用。

概念建模质量的高低要通过质量评估工作来确定,从文献情况来看,国外学者已从上世纪 90 年代开始主要从概念建模过程和概念模型两个方面研究信息系统概念建模的质量评估问题,到目前为止,已提出了一些质量框架、评估方法,还进行了部分实证研究。但由于信息系统概念建模是一个新兴的学科,发展的时间不长,因此概念建模质量评估的可靠标准还未形成<sup>[2]</sup>。本文回顾和总结国外学者在该领域的研究成果。

### 1 概念建模过程质量评估的研究成果

#### 1.1 认知过程的质量评估

认知过程是具有一定知识结构的主体采用特定的方法对客观世界的反映过程。认知科学已产生了很多

关于知识结构的理论,由于信息系统表示客观事物的知识,所以知识结构理论自然地应用到了认知过程的质量评估之中。该种研究主要体现在两个方面:一是在建模对象不变的条件下比较具有不同知识和经验的建模人员对概念建模质量的影响,例如,学者 *Batra*、*Sutcliffe* 和 *Shanks* 等<sup>[3-5]</sup>调研了在概念建模任务中新手和专家的行为差异,他们发现专家能根据准确性、完整性和适应性的要求生成质量更高的模型;学者 *Moody* 等<sup>[6]</sup>通过实证研究也发现专家能设计出正确性、完全性和灵活性更高的模型,但新手能比专家设计出更简单的模型。二是在建模人员知识和经验的相同的条件下,比较不同建模对象对建模质量的影响,例如, *Dunn* 等<sup>[7]</sup>通过实证研究发现与领域无关的人士比与领域有关的人士的概念建模任务执行得更好。

除了将认知科学的知识结构理论应用到概念建模质量评估之中外,研究者还探讨了认知方法对概念建模的质量影响。例如, *Keng Siau*<sup>[8]</sup>等通过案例研究,发现将认知映射技术(因果映射、语义映射和概念映射)包含到软系统方法论中能够改善概念建模的质量。

#### 1.2 表示过程的质量评估

从本质上讲,信息系统是依据人类的认知对客观事物知识的表示,如何衡量信息系统的表示质量,国外学者主要依据本体理论、概念理论、言语行为理论进行了研究。

*Wand&Weber*<sup>[9-11]</sup>、*Milton & Kazmierczak*<sup>[12]</sup>和 *Ashenhurst*<sup>[13]</sup>等学者认为,由于信息系统是真实世界的模型,而本体理论是关于真实世界结构的理论,所以本体

理论适合于评价信息系统的表示质量。他们先后采用不同的本体理论对概念建模的表示质量进行了评价。虽然使用本体理论评价概念建模的表示质量已取得了不少的成绩,但由于一方面不存在公认的本体,另一方面本体需通过人类的感知而体现,从而使这种方法在应用上存在一定的局限性。

国外学者 Parsons<sup>[14]</sup>认为:由于信息系统不是真实世界的直接模型,而是一个通过人类的认知而构建的模型,加之认知过程是一个概念形成的过程,因此概念理论适合于评价信息系统的概念建模质量。他使用概念理论建立了一个信息模型,用于鉴别概念建模表示中所使用的类和实例是否符合分类原理,是否具有认知经济性和推理能力,是否能为多数人接受。这种评价方法是一个新的研究领域,能否作出大的贡献关键在于能否基于概念理论开发出合理可行的评价方法。

由于可把信息系统概念建模过程中的许多活动认为是代理之间的交流,而言语行为理论能够根据人们的意图和可能的效果对交流活动进行建模,因此它就成为一种对概念建模进行评价的备选理论。国外学者 Auramaki 等<sup>[15]</sup>依据言语行为理论提出了 SAMPO 系统分析方法,该方法根据交流意图用言语行为类型对信息传递过程中的每个单位进行语义描述,通过对照概念建模表示结果与 SAMPO 的描述结果,即可评价概念建模表示过程的质量。这种方法的优点是使用的言语行为类型较少,对信息单位的语义描述较容易,但其缺点在于从较低的层次和细节方面捕获交流活动,缺乏从总体上描述行为之间如何配合的环节,从而影响了它在概念建模质量评估中的使用。

## 2 概念模型质量评估的研究成果

概念模型是概念建模的结果。1990 年, Martin 首次提出了概念模型质量评估的问题,并给出了第一个概念模型质量评估的框架<sup>[16]</sup>。此后,评估框架的数量迅速增长,据统计,截止 2005 年,在文献上公开发表的概念模型质量评估框架约有 50 多个,而且每年还在不断地增长<sup>[2]</sup>。这些框架总体上可以分为两类——基于规范研究的评估框架和基于实证研究的评估框架,这两类框架具有不同的特点和适用范围。

### 2.1 基于规范研究的评估框架

这类框架一般选择现有的一门或几门理论学说,根据概念建模的目的,采用演绎推理的方法推演出概念模型质量评估的框架。据统计,截至 2005 年这些框架已达 30 多个,可分为以下几类:

#### 2.1.1 从语义理论出发的框架

Lindland 等<sup>[17]</sup>基于语言学及符号学理论,根据四个语句 (Statements) 集——语法所允许的语句集、领域所允许的语句集、实际的语句集、用户认为概念模型所表达的语句集 (称为“理解”)——之间的对应关系界定了三种概念模型的质量:句法质量 (Syntactic Quality)、语义质量 (Semantic Quality) 和实用质量 (Pragmatic Quality)。句法质量反映模型与建模语法 (Grammar) 规则的一致性程度,其目标是句法正确;语义质量反映模型能对问题域进行有效而完整表示的程度,其目标是语义完整和有效;最后实用质量反映用户能理解模型的程度,其目标是理解。图 1 显示了这三种质量和四个语句集之间的关系。据统计,在最近 10 年间,围绕 Lindland 等人的框架在国际顶级的计算机和信息系统期刊及会议上已发表了一百多篇文章,该框架已被概念建模质量国际工作组 (IWCMQ) 吸纳为基础框架<sup>[18]</sup>。

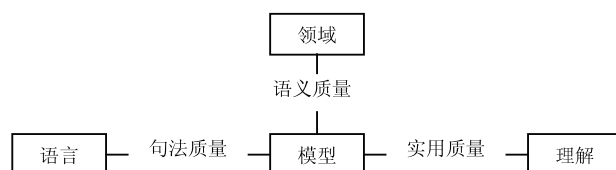


图 1 Lindland 等的概念建模质量框架

#### 2.1.2 从社会契约论出发的框架

在 Lindland 等提出概念模型质量框架后, Krogstie 等<sup>[19-20]</sup>学者从建构主义的世界观出发,使用社会契约论扩展了 Lindland 的框架,提出了一个评估概念模型质量的一般框架。该框架突破 Lindland 框架仅考虑了语言、领域、模型和理解四个语句集的限制,考察了建模任务的目标、语言范围、建模领域、模型、社会人员 (Social Actor) 的显性知识、社会人员的解释、建模人员的显性知识以及技术工具的解释等八个语句集之间的关系,把概念模型的质量从原先的三种类型扩展为九种类型:物理质量 (Physical Quality)、经验质量 (Empirical Quality)、句法质量、语义质量、感觉的语义质量

(Perceived Semantic Quality)、技术实用质量 (technical pragmatic quality)、社会实用质量 (social pragmatic quality)、社会质量 (Social Quality) 和组织质量 (Organization Quality)。他们的框架如图 2 所示。

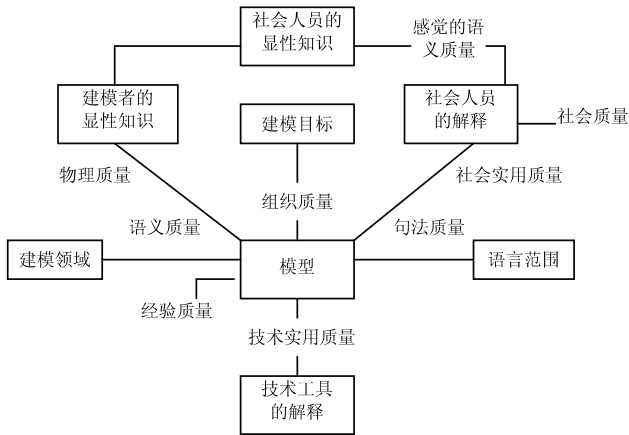


图 2 Krogstie 等概念模型质量框架

### 2.1.3 其它框架

除了以上两类框架外,还有一些依据其它理论得出的框架。例如,Kesh<sup>[21]</sup>基于影响模型质量的“本体”和“行为”因素,依据本体理论和行为学理论而提出一个评估概念模型质量的框架,该框架给出了详细的概念模型质量因素列表:适当性 (Suitability)、合理性 (Soundness)、稳定性 (Consistency)、简明性 (Conciseness)、完全性 (Completeness)、紧密性 (Cohesiveness)、有效性 (Validity)、可用性 (Usability)、可维护性 (Maintainability)、准确性 (Accuracy)、绩效 (Performance)。其中前 7 个指标对应于“本体”因素,后 4 个指标对应于“行为”因素。

## 2.2 基于实证研究的框架

这类框架一般从概念建模的实践出发,采用实验室实验、实地研究、案例研究等方法,得出概念模型的质量评估框架。据统计,截至 2005 这类框架已达 20 多个,显著的特点是研究人员先提出一个初步的框架,然后采用各种实证方法进行检验和修改,逐步得出比较完善的框架。这类框架可分为两种:

### 2.2.1 针对所有概念模型的评估框架

例如,Moody 等<sup>[22]</sup>采用实地研究的方法,经过五年多时间的研究,从概念建模实践中各类人员的需求出发提出了概念模型应具备的一些质量特征:全面性

(Completeness)、完整性 (Integrity)、灵活性 (Flexibility)、可理解性 (Understandability)、正确性 (Correctness)、简易性 (Simplicity)、综合性 (Integration)、可实施性 (Implementability)。其中前 4 个特征是业务用户所要求的,中间的 2 个特征是数据分析人员所要求的,后面的 2 个特征是数据管理人员和应用开发人员所要求的。

### 2.2.2 针对具体概念模型的评估框架

例如,Genero 等<sup>[23-25]</sup>采用案例研究和实验室实验的方法,提出了对 EER 模型复杂性进行评估的模型,他们同时提出了对 UML 类模型的复杂性和可维护性的评估模型。除此之外,Bansiya 等<sup>[26]</sup>采用案例研究和实验室实验的方法,提出了对 OO 模型一般质量的评估方法。

## 2.3 两类框架的比较

相比较而言,基于规范研究的评估框架的出现的较早,提出的框架数量相对较多,而基于实证研究的评估框架提出的时间较晚,数量略少,但研究得比较详细。

基于规范研究的评估框架由于具有明确的理论依据,加之框架内容比较系统,有助于概念建模质量评估的理论研究;而基于实证研究的框架基于建模实践,具有解决某些实际问题的能力,有助于概念建模质量评估的实务操作。

## 3 未来研究方向展望

### 3.1 概念建模过程质量评估

认知过程是人的本能过程,也是概念建模的第一过程,只有获得认知才能知道要表示什么,因此认知过程是表示过程的基础。虽然研究人员已经认识到了认知过程对概念建模质量的重要性,但对认知过程如何影响概念建模质量的研究却很少,在这方面存在很多的研究机会。未来的研究将主要集中在如何利用认知心理学和认知科学的理论和知识发现并解释影响概念建模认知过程质量的因素,以及如何减少不利因素,增加有利因素,提高概念建模的认知过程质量等问题上。

利用表示或通信理论衡量信息系统概念建模表示过程质量的方法是大多数概念建模学者认同的研究方向。虽然出现了以本体理论、概念理论和言语行为理论为依据的评估方法,但这些方法的使用都处于初步探索

的阶段,远未成熟。未来的研究首先应该厘清每种方法的使用范围和所能解决的问题,其次要比较每种方法的功效以及探讨如何综合使用这些方法的方案。

### 3.2 概念模型质量评估

虽然在文献中已提出许多的概念模型质量评估框架,但没有一个在实践中被广泛接受。究其原因,主要是由于概念模型作为一个构思而存在,对它的评估只能对照人们的需求、愿望和期望,而不像信息系统开发的最终产品(如已实现的信息系统或可运行的计算机软件)那样可以对照明确的需求规范,因而概念模型质量评估从本质上讲是一个社会过程而不是一个技术过程。由于这种特点,使得未来的概念模型质量评估研究应更注重其社会过程的机理和作用而不只是技术方面的研究。比如说相关人员的知识、经验以及观点如何影响其对概念模型质量的评价,不同特点的人员如何能对概念模型的质量取得一致的看法,社会环境对社会成员达成一致意见有何影响等问题都是未来值得研究的课题。

### 参考文献

- 1 Wand Y, Weber R. Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modeling – A Research Agenda. *Information Systems Research*, 2002, 13(4): 363 – 376.
- 2 Moody DL. Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions. *Data & Knowledge Engineering*, 2005, 55(3): 243 – 276.
- 3 Batra D, Davis JG. Conceptual data modeling in database design: Similarities and differences between expert and novice designers. *Internat. J. Man – Machine Stud.* 1992, 37:83 – 101.
- 4 Sutcliffe AG, Maiden NAM. Analysing the novice analyst: Cognitive models in software engineering. *Internat. J. Man – Machine Stud.* 1992, 36:719 – 740.
- 5 Shanks G. Conceptual data modeling: An empirical study of expert and novice data modelers, *Australian J Inform. Systems*, 1997, 4(2): 63 – 73.
- 6 Moody DL, Shanks GG. Improving the quality of data models: empirical validation of a quality management framework, *Information Systems*, 2003, 28(6): 619 – 650.
- 7 Dunn C, Grabski S. The effect of field dependence on conceptual modeling performance. *Adv. Accounting Inform. Systems*, 1998, 6: 65 – 77.
- 8 Keng Siau, Xin Tan. Improving the quality of conceptual modeling using cognitive mapping techniques. *Data & Knowledge Engineering*, 2005, 55(3): 343 – 365.
- 9 Wand Y, Weber R. An ontological analysis of some fundamental information system concepts. *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Systems*, Minneapolis, Minnesota, USA, 1988.
- 10 Wand Y, Weber R. An ontological model of an information system. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 1990, 16(11): 1282 ~ 1292.
- 11 Wand Y, Weber R. On the deep structure of information systems. *Information Systems Journal*, 1995, 5(3): 203 ~ 223.
- 12 Milton S, Kazmierczak E, Enriching the ontological foundations of modeling in information systems, In: Dampney CNG, Proc. Inform. Systems Foundations Workshop – Ontology, Semiotics and Practice 1999, Department of Computing, Macquarie University, Sydney, Australia, 1999, 55 – 65.
- 13 Ashenhurst RL. Ontological aspects of information modeling. *Minds and Machines*. 1996, 6: 287 – 394.
- 14 Parsons J, An information model based on classification theory. *Management Science*. 1996, 42(10): 1437 – 1453.
- 15 Auramaki E, Lehtinen E, Lyytinen K. A speech – act – based office modeling approach. *ACM Trans. Office Inform. Systems*, 1988, 6(2): 126 – 152.
- 16 Martin J. *Information Engineering Book II: Planning and Analysis*. Pearson Education, 1990.
- 17 Lindland OI, Sindre G, Solvberg A. Understanding quality in conceptual modeling. *IEEE Software*, 1994, 11(2): 42 – 49.
- 18 James NH, Poels G, Genero M, et al. Quality in conceptual modeling: five examples of the state of the art. *Data & Knowledge Engineering*, 2005, 55(3): 237 – 242.

(下转第 120 页)

(上接第 124 页)

- 19 Krogstie J, Lindland OI, Sindre G. Defining quality aspects for conceptual models. Proceedings of the 3rd IFIP8.1 Working Conference on Information Systems. Marburg, Germany, 1995, 216 – 231.
- 20 Krogstie J. Using a semiotic framework to evaluate UML for the development of models of high quality. In: Siau K, Halpin T. Unified Modeling Language: Systems Analysis, Design, and Development Issues, I-DEA Group Publishing, 2001, 89 – 106.
- 21 Kesh S. Evaluating the quality of entity relationship models. Information and Software Technology, 1995, 37(12):681 – 689.
- 22 Moody DL, Shanks GG. Improving the quality of data models: empirical validation of a quality management framework, Information Systems, 2003, 28(6):619 – 650.
- 23 Genero M, Piattini M, Calero C. An approach to evaluate the complexity of conceptual database models. 2nd European Software Measurement Conference, FESMA – AEMES 2000, Madrid, Spain, 2000, 169 – 184.
- 24 Genero M, Piattini M, Calero C. Early measures for UML class diagrams, L\_Objet, 2000, 6 (4):489 – 515.
- 25 Genero M, Miranda D, Piattini M. Defining metrics for UML statechart diagrams in a methodological way. In: Gentner D, Poels G, Nelson HJ. et al. International Workshop on Conceptual Modeling Quality, IWCMQ\_03, Evanston, USA, 2003, 118 – 128.
- 26 Bansiya J, Davis C. A Hierarchical model for object – oriented design quality assessment. IEEE Transactions on Software Engineering, 2002, 28(1):4 – 17.